

KAJIAN ALIRAN PELBAGAI FASA DALAM INDUSTRI HULUAN PETROLEUM

ISSHAM ISMAIL & RADZUAN JUNIN

Fakulti Kejuruteraan Kimia & Kejuruteraan Sumber Asli
Universiti Teknologi Malaysia,
Karung Berkunci 791,
80990 Johor Bahru

Abstrak

Kertas kerja ini membincangkan kajian aliran pelbagai fasa dalam industri petroleum, yang sehingga kini masih belum menemui jalan penyelesaian yang mutlak. Skop kajian adalah melibatkan peramalan tekanan di dalam rentetan tetiub yang tergantung di dalam sesebuah telaga minyak. Secara umum, peramalan tekanan tersebut boleh dilakukan secara manual atau berbantu komputer.

Petronas juga tidak ketinggalan dalam pelaksanaan projek ini, yang mana mereka telah membekalkan data medan yang diperlukan. Penglibatan kakitangan makmal pula terutama juruteknik dalam pembangunan perisian aliran pelbagai fasa begitu mengecewakan, yang mana beberapa faktor yang menyumbangkan kepada kekangan tersebut diuraikan dalam kertas kerja ini. Walau bagaimanapun, juruteknik begitu aktif terlibat dalam pembinaan rig aliran pelbagai fasa iaitu ketika fasa mereka bentuk, fabrikasi, dan pelaksanaan uji kaji. Penglibatan mereka didapati berkurang dengan ketara bila masuk dalam fasa penganalisan data uji kaji.

Hasil kajian yang diperoleh adalah menggalakkan. Dalam hal ini, setiap sekaitan yang digunakan didapati memberikan keputusan yang baik untuk keadaan tertentu. Dengan perkataan lain, tiada satu pun sekaitan termasuk model mekanistik (yang berlatarbelakangkan asas matematik tertentu) yang memberikan hasil yang baik untuk semua kes yang dikaji.

PENGENALAN

Aliran pelbagai fasa ialah pergerakan lebih daripada satu jenis fasa bendalir di dalam saluran yang sama. Setiap hari kita selalu berhadapan dengan aliran pelbagai fasa seperti gelembung udara yang mengalir bersama air di dalam paip rumah, titisan halus air dalam udara yang kita sedut dan lain-lain. Dalam industri petroleum, aliran pelbagai fasa biasanya melibatkan tiga jenis bendalir iaitu gas, minyak, dan air. Ketiga-tiga fasa ini terbentuk sebaik sahaja ia mengalir masuk ke dalam lubang telaga. Rajah 1 menunjukkan apabila minyak mentah menghampiri permukaan, semakin banyak gas keluar daripada minyak mentah kerana berlakunya kejatuhan tekanan dan

suhu (Aziz, Govier, dan Fogarasi, 1972). Kehadiran tiga fasa bendalir serentak dalam satu aliran menimbulkan banyak masalah terutama kakisan.

Selain itu, peramalan tekanan aliran di dalam rentetan tetiub yang tergantung di dalam lubang telaga pada kedalaman tertentu juga sukar dilakukan. Fenomenon ini secara langsung menjejaskan hasil akhir reka bentuk yang diperoleh. Sebenarnya, kerumitan dan masalah yang fenomena ini timbulkan telah lama disedari oleh ahli sains dan akademik. Ini terbukti dengan kajian aliran pelbagai fasa telah bermula sejak tahun 1914 lagi yang dilakukan oleh Davis dan Weidner menerusi uji kaji di makmal (Brown, 1977). Sehingga kini, banyak kajian aliran pelbagai fasa telah dilaksanakan, tetapi masih tiada satu pun sekaitan/korelasi yang dapat menghasilkan keputusan yang baik untuk semua medan minyak yang ada. Dengan perkataan lain, kajian aliran pelbagai fasa masih belum menemui jalan penghujungnya (Issham, 1992).

Kertas kerja ini membincangkan keputusan yang diperoleh daripada program/perisian aliran pelbagai fasa yang telah dibangunkan, bagi menentukan sekaitan yang paling sesuai untuk digunakan bagi meramal tekanan aliran. Data yang digunakan dalam kajian ini ialah data medan minyak yang terletak di luar pesisir Terengganu. Selain itu, kertas kerja ini turut membincangkan penglibatan kakitangan makmal dalam projek aliran pelbagai fasa.

BAHAN DAN KAEDAH

Penjelasan dalam bahagian ini dibahagikan kepada dua subtajuk iaitu pembangunan program dan data kajian:

Pembangunan Program

Pengiraan tekanan aliran sepanjang rentetan tetiub ialah suatu kerja yang rumit kerana melibatkan langkah pengiraan yang panjang dan berulang-ulang (Issham, 1989). Lebih-lebih lagi bendalir yang mengalir di dalam paip terdiri daripada campuran air, minyak, dan gas. Dalam hal ini, apabila campuran tersebut menghampiri permukaan, maka semakin banyak gas keluar daripada minyak dan pada masa yang sama isipadu minyak berkurang—apa yang dimaksudkan di sini ialah komposisi campuran berubah setiap inci pergerakan ke arah permukaan. Lazimnya, sebuah program komputer dibangunkan dan diguna untuk melakukan pengiraan tersebut—sama ada di dalam telaga tegak atau condong. Sebanyak tujuh sekaitan dan satu model mekanistik telah dimasukkan dalam program komputer yang dibina. Ketujuh-tujuh sekaitan yang digunakan ialah (Chen, 1999):

- Beggs dan Brill
- Dukler
- Mukherjee dan Brill
- Hagedorn dan Brown
- Dun dan Ros
- Orkiszewski
- Aziz, Govier, dan Fogarasi

Semua sekaitan tersebut menggunakan persamaan kejatuhan tekanan total asas yang mengandungi tiga sebutan utama iaitu kecerunan tekanan hidrostatik, kecerunan tekanan geseran, dan kecerunan tekanan pecutan. Dalam hal ini, semua sekaitan di atas kecuali sekaitan Aziz, Govier, dan Fogarasi memberikan pertimbangan yang sangat terbatas atau tiada langsung terhadap mekanisme aliran. Sekaitan yang hanya dibangunkan untuk telaga tegak sahaja, boleh juga diubah suai untuk digunakan di dalam telaga condong iaitu dengan mendarabkan $\sin \theta$ pada sebutan kecerunan statik (Brown, 1977).

Model mekanistik Ansari dibangunkan dengan berlatarbelakangkan beberapa teori matematik. Model ini terdiri daripada bahagian yang meramal corak aliran, dan satu lagi bahagian yang meramal fenomena cecair tertahan dan kejatuhan tekanan dalam aliran gelembung, slug, dan anulus. Model ini juga menggabungkan parameter diameter paip, sudut kecondongan, kadar alir, dan sifat fizikal bendalir.

Program sekaitan di atas diperoleh dari buku teks seperti *Technology of Artificial Lift Methods* (Brown, 1977) dan *Gas Production Operations* (Begg, 1984), dan juga dengan melayari Internet—memaksimumkan penggunaan teknologi maklumat. Walau bagaimanapun, semua sekaitan tersebut dijadikan subrutin kepada program komputer utama. Selain itu, sekaitan atau persamaan empirik untuk kelarutan gas dalam minyak dan air, faktor isipadu formasi, kelikatan cecair, kelikatan gas, ketertahanan gas, dan ketegangan permukaan turut digunakan dalam program komputer tersebut (Chen, 1999).

Data Kajian

Selepas program lengkap ditulis dan dimasukkan ke dalam komputer, beberapa keputusan berjaya diperoleh. Walau bagaimanapun, keputusan ini tidak membawa sebarang makna jika ia tidak

dibandingkan dengan data medan untuk mengukur sejauh mana ketepatan data yang dihasilkan oleh program komputer tersebut. Dalam hal ini, penulis telah memohon data tekanan aliran untuk beberapa buah telaga minyak dari Petronas. Sebanyak 17 set data tekanan aliran telaga telah Petronas berikan untuk digunakan dalam projek ini. Walau bagaimanapun, data tersebut tidak mengandungi nama sebenar telaga dan medan di mana ia diperolehi. Sebaliknya digantikan dengan nama samaran atas sebab kerahsiaan.

Data medan yang diperolehi dari Petronas ini dimasukkan dalam satu rajah bersama semua keputusan peramalan tekanan aliran daripada program yang dibangunkan tersebut, untuk dipadankan. Keputusan ramalan yang bertindih dengan data medan dikira sebagai sekaitan yang paling sesuai untuk keadaan tersebut.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Dalam bahagian ini, selain daripada membincangkan hasil ramalan yang diperolehi bila dibandingkan dengan data tekanan aliran sebenar yang didapati daripada Petronas, penglibatan kakitangan makmal dalam projek aliran pelbagai fasa juga disentuh.

Perbandingan Tekanan Aliran Ramalan terhadap Data Medan

Dalam kertas kerja ini, hanya dua rajah yang dibincangkan. Dalam Rajah 2, lengkung tekanan aliran bagi telaga PET L (bukan nama sebenar) yang diramal komputer menunjukkan sekaitan Hagedorn dan Brown paling sesuai berbanding sekaitan lain. Walau bagaimanapun dalam Rajah 3 (untuk telaga A4L), sekaitan Beggs dan Brill menunjukkan lengkung taburan tekanan ramalan yang sepadan dengan data medan. Fenomenon ini menunjukkan bahawa keputusan yang diperolehi berada pada landasan yang sama seperti yang diketengahkan oleh para pengkaji sebelum ini—tiada satu pun sekaitan yang sesuai digunakan untuk semua keadaan.

Apakah alasan yang menyebabkan ketidaksesuaian tersebut berlaku? Sehingga kini masih lagi tidak menemui jawapan yang konkrit untuk persoalan di atas. Sebagai contoh, untuk telaga PET L, nisbah gas-minyak (GOR) dan nisbah minyak-air (WOR) masing-masing bernilai 2.047 Mscf/STB dan 0 STB/STB. Untuk telaga A-4L pula, GORnya bernilai 1.90 Mscf/STB dan WORnya ialah 0.25 STB/STB. Dalam hal ini, adakah wajar jika kita katakan bahawa nilai WOR yang menyebabkan perubahan tersebut berlaku. Bagaimana pula dengan perubahan yang GOR dan lain-lain parameter alami.

Penglibatan Kakitangan Makmal dalam Projek Aliran Pelbagai Fasa

Kajian yang dibincangkan di atas begitu menarik, tetapi di manakah peranan kakitangan makmal/juruteknik dalam projek tersebut? Dalam hal ini, penglibatan juruteknik amat terbatas sekali—setakat memastikan komputer dan pencetak berjalan lancar. Mengapakah perkara ini berlaku? Adakah juruteknik sudah berpuas hati dengan peranan kecil yang telah disumbangnya itu?

Walau bagaimanapun bila projek aliran pelbagai fasa yang melibatkan kajian di makmal dilakukan, penyertaan juruteknik makmal begitu menggalakkan. Mereka terlibat sama dalam mereka bentuk rig, menyediakan komponen rig, memasang rig, dan juga menjalankan uji kaji, tetapi mereka mula *melarikan diri* bila tiba ke peringkat analisis data yang diperolehi. Mengapakah perkara ini berlaku?

Dalam hal ini, terdapat beberapa faktor yang menyebabkan penglibatan juruteknik dalam projek di atas begitu terhad:

Pengetahuan

Peramalan aliran pelbagai fasa melibatkan beberapa persamaan yang agak rumit. Juruteknik yang terlibat dalam projek ini tidak mempunyai pengetahuan analitik yang baik, yang secara tidak langsung mengekang penyertaannya yang lebih meluas. Apabila melibatkan mereka bentuk dan pembinaan rig, juruteknik sangat minat dalam menyumbangkan ide dan tenaga. Ketika menjalankan uji kaji, juruteknik tidak ketinggalan dalam melakukan kerja-kerja pengumpulan data.

Dalam hal ini, sifat kebertanggungjawaban juruteknik memang tidak perlu dipertikaikan, cuma pengetahuan yang tidak begitu mantap yang membataskan penglibatan mereka dalam sesuatu projek.

Sikap Rendah Diri

Juruteknik menjauhkan diri daripada projek yang melibatkan pembangunan program komputer dan ketika penganalisisan data uji kaji kerana pengetahuannya yang kurang dalam bidang

tersebut, yang dikuatiri akan mengganggu kelancaran pelaksanaan projek. Walau bagaimanapun, sekiranya juruteknik berpegang pada prinsip *setiap orang ada kelemahan masing-masing* dan *proses pembelajaran tidak akan tamat sehingga bercerai nyawa daripada badan*, maka penulis tidak nampak alasan mengapa juruteknik harus menjauhkan diri daripada projek tersebut.

Bidang Tugas/Beban Kerja

Kebanyakan projek yang dilaksanakan ialah projek tahun akhir pelajar. Dalam hal ini, selain daripada menguruskan amali pelajar, tanggungjawab juruteknik dalam projek tahun akhir pelajar adalah memastikan perkakas asas yang diperlukan mencukupi, pelajar mematuhi keselamatan yang ditetapkan, dan menjaga kebersihan makmal. Dengan ini, juruteknik tidak perlu melibatkan diri dalam projek sedemikian kecuali jika diberikan arahan oleh pihak atasan seperti Ketua Makmal, Ketua Jabatan dan lain-lain. Sekiranya juruteknik berminat untuk meneroka pengetahuan baru, sudah tentu projek seperti ini menyediakan peluang terbaik untuk mereka.

Imbuhan

Apakah yang juruteknik peroleh sekiranya terlibat dalam projek aliran pelbagai fasa? Selain daripada pengetahuan, apakah imbuhan lain yang juruteknik bakal miliki? Secara tidak langsung, faktor ini turut mengekang penyertaan juruteknik secara aktif dalam projek sedemikian. Katalah seseorang pensyarah memperoleh *Geran IRPA* dengan seorang juruteknik menjadi salah seorang ahli penyelidik. Apakah kelebihan yang bakal dimiliki oleh juruteknik tersebut? Kalau setakat menjalankan uji kaji sahaja, sudah tentu fenomena ini boleh membantutkan minat juruteknik itu.

Walaupun bagaimanapun, sekiranya juruteknik diberikan peluang menghadiri agenda tertentu seperti *Seminar Kebangsaan Teknologi Makmal*, secara tidak langsung boleh merangsang minat dan motivasinya.

Penulis pernah memberi peluang kepada jurutekniknya ketika menjadi Ketua Makmal dahulu, iaitu untuk membentangkan kertas kerja tentang pembinaan rig aliran pelbagai fasa, tetapi juruteknik tersebut menolaknya dengan alasan berasa janggal walaupun kertas kerja telah penulis siapkan. Dalam hal ini, juruteknik perlu berani untuk bercakap di hadapan orang ramai serta menjawab soalan yang bakal dikemukakan selepas itu. Dengan cara ini sahaja baru juruteknik berupaya maju lebih-lebih kita telah masuk ke alaf baru—dekad yang lebih mencabar dengan hampir semua aktiviti dikaitkan dengan penggunaan *teknologi maklumat* (IT). Kita perlu ingat

bahawa dinasaur pupus sebab tidak dapat menyesuaikan diri mengikut peredaran zaman. Penulis mengucapkan syabas kepada jurutekik yang telah membentangkan kertas kerja dalam seminar ini.

KESIMPULAN

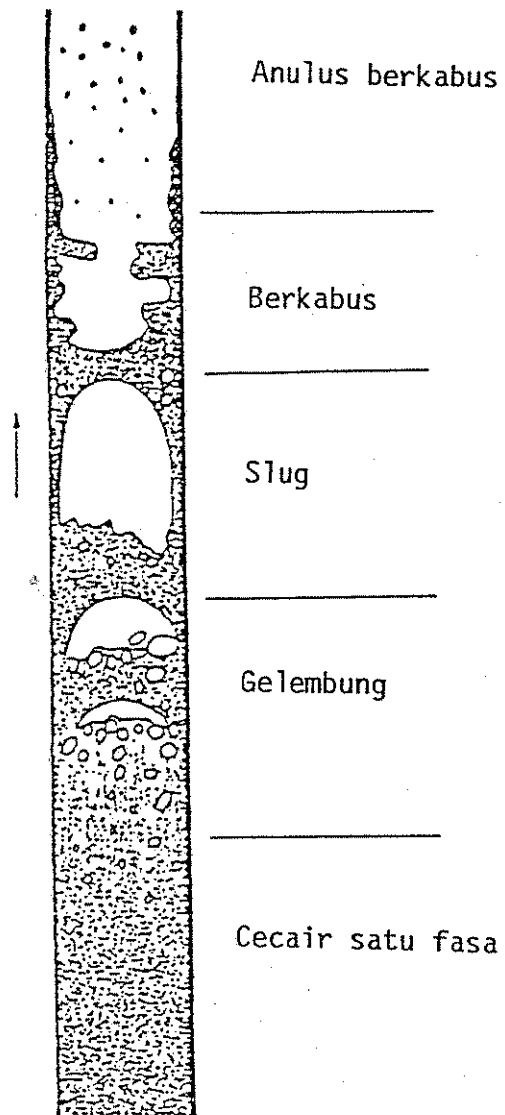
Kajian aliran pelbagai fasa masih lagi berterusan sehingga ke saat ini, baik di dalam mahu pun di luar negara. Seorang Profesor pernah berkata bahawa kajian aliran pelbagai fasa merupakan kajian yang tiada penghujungnya.

Kajian ini telah membuktikan bahawa sekaitan yang digunakan didapati hanya sesuai untuk keadaan tertentu sahaja, yang mana sehingga kini para pengkaji masih lagi belum menemui alasan yang mutlak bagi kejanggalan yang berlaku.

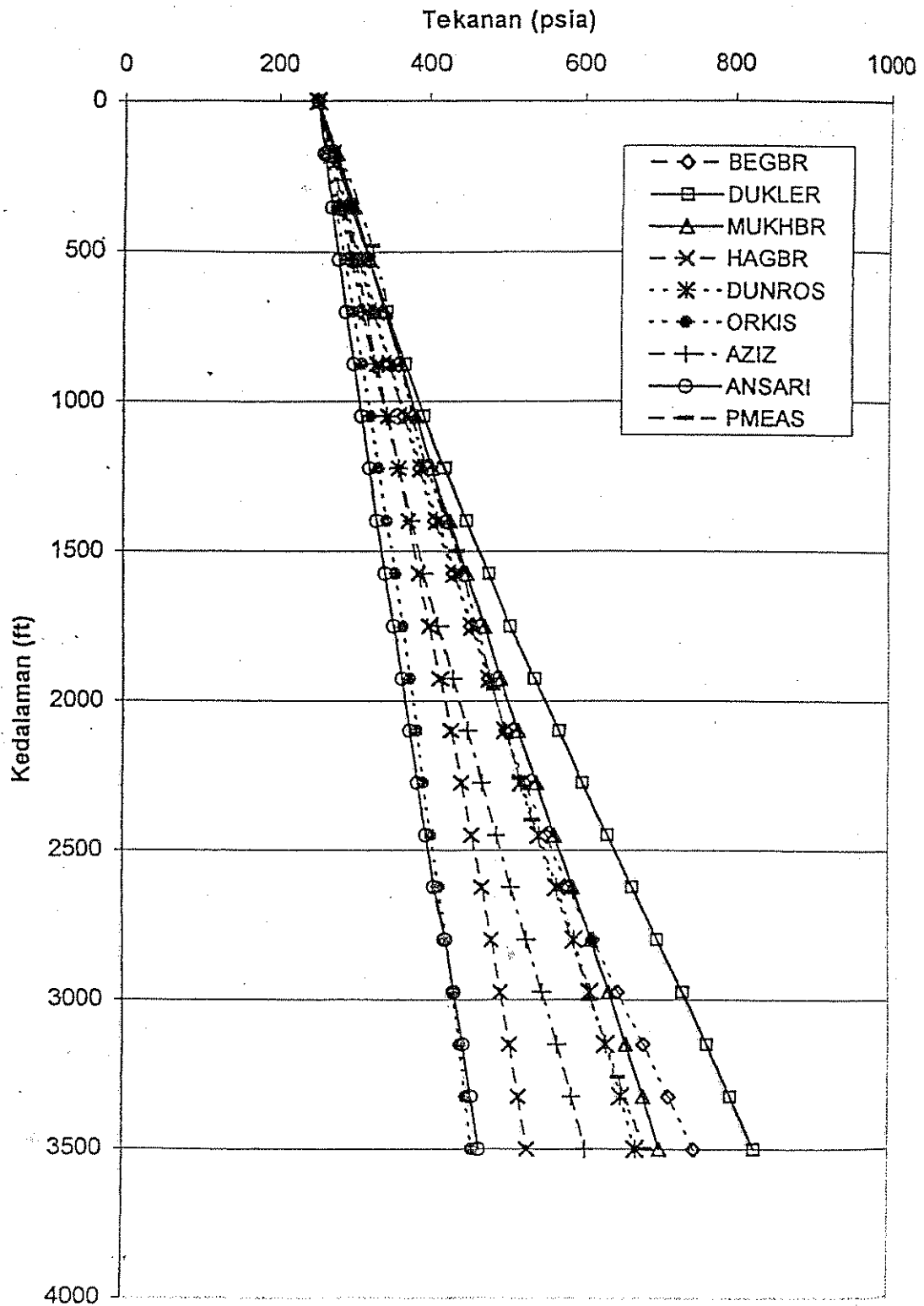
Kajian ini akan menjadi lebih bermakna jika juruteknik terlibat sama lebih-lebih lagi kajian yang bercorak pembangunan perisian dan ketika penganalisan data uji kaji. Dalam hal ini, bukan sahaja juruteknik yang perlu bersikap proaktif, malah pihak atasan juga perlu memainkan peranan masing-masing supaya juruteknik lebih kompetitif dalam menghadapi cabaran alaf baru yang lebih getir. Walau bagaimanapun, terdapat suatu senario yang membimbangkan iaitu apabila seseorang juruteknik itu telah dididik sehingga menjadi begitu baik pengetahuannya dan kompetitif, maka kita akan kehilangannya kerana *dicuri* oleh pihak luar terutama syarikat swasta. Apakah jalan penyelesaian untuk masalah ini? Sama-samalah kita renungkannya!

RUJUKAN

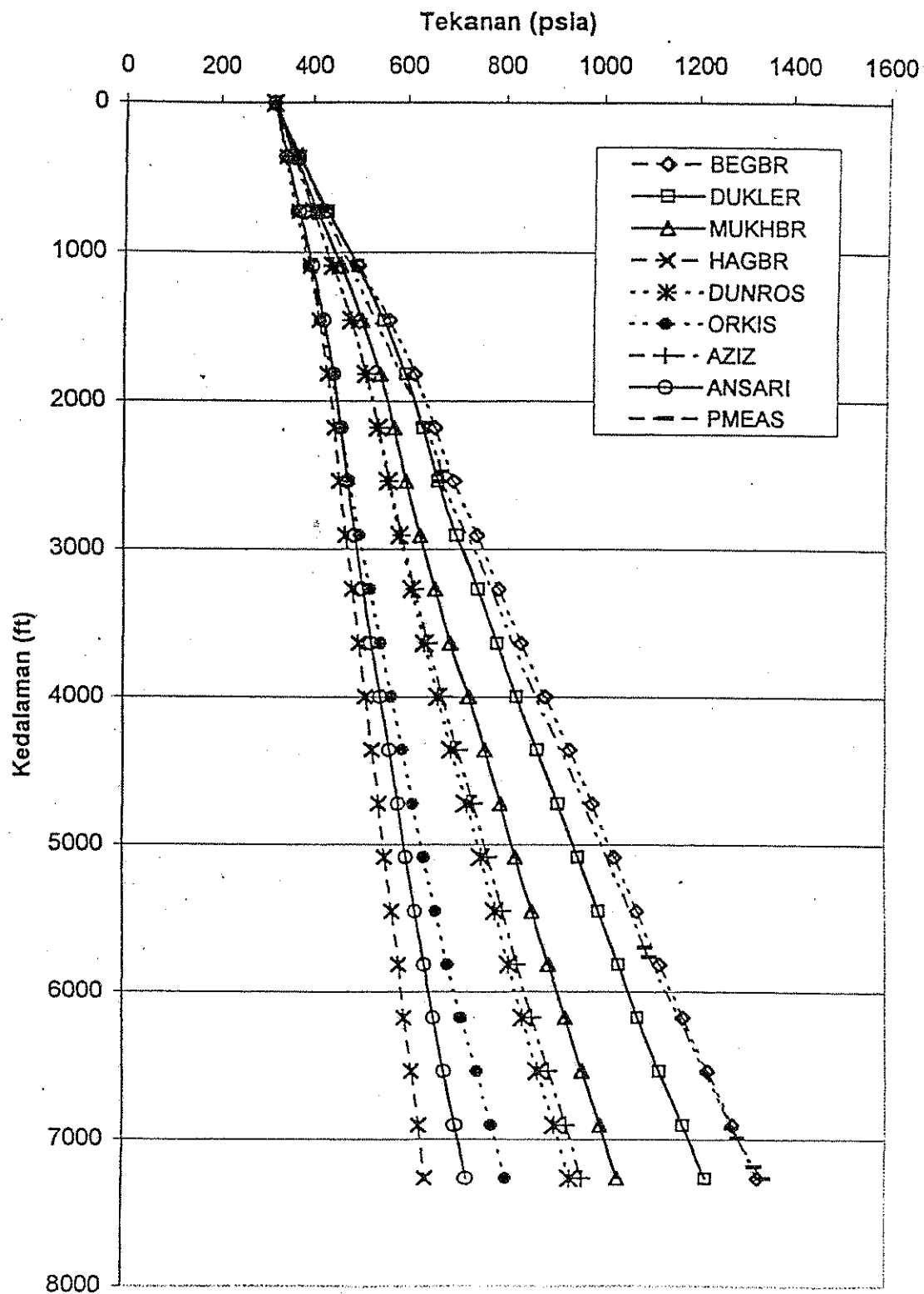
- Aziz, K., Govier, G.W., dan Fogarasi, M., 1972. Pressure Drop in Wells Producing Oil and Gas. *Journal of Canadian Technology*. 28-47.
- Brown, K.E., 1977. *Technology of Artificial Lift Methods*. Penerbit: PennWell Books, Tulsa.
- Beggs, H.D., 1984. *Gas Production Operations*. Penerbit: OGCI, Tulsa.
- Chen Seong Sern, 1999. Pengesanan Sekaitan Empirik dan Model Mekanistik Aliran Pelbagai Fasa dalam Meramal Prestasi Telaga Condong di Malaysia. *Tesis Ijazah Sarjana Muda*. Penerbit: FKKKSA, UTM, Skudai.
- Issham Ismail, 1990. Optimisation of Tubing Size Selection in a Mature Offshore Field. *Disertasi Ijazah Sarjana*. Penerbit: Imperial College, London.
- Issham Ismail, 1992. Multiphase Flow Correlations (Part 1): Development and Applications. *Buletin FKKKSA*. Penerbit: FKKKSA, UTM, Kuala Lumpur.



Rajah 1 Pelbagai corak aliran terbentuk akibat gas keluar daripada cecair/minyak (Aziz, Govier, dan Fogarasi, 1972)



Rajah 2 Perbandingan antara sekaitan dan data medan untuk Telaga PET L (Chen, 1999)



Rajah 3 Perbandingan antara sekaitan dan data medan untuk Telaga A4L (Chen, 1999)